



XXXIII

Congresso Brasileiro de Ciência do Solo

Solos nos biomas brasileiros: sustentabilidade e mudanças climáticas
31 de julho à 05 de agosto - Center Convention - Uberlândia/Minas Gerais

AVALIAÇÃO PRELIMINAR DE UM PROCESSO DE COMPOSTAGEM ASSOCIADO AO USO DE ROCHAS COMO FONTES DE FÓSFORO E POTÁSSIO

Raquel Oliveira Batista⁽¹⁾; Álvaro Vilela de Resende⁽²⁾; Silvino Guimarães Moreira⁽³⁾; Ivanildo Evodio Marriel⁽²⁾; Roney Mendes Gott⁽⁴⁾; Clério Hickmann⁽⁵⁾; Otávio Prates da Conceição⁽⁶⁾

⁽¹⁾ MSc. Recursos Hídricos e Ambientais, Bolsista DTI-2/CNPq, Embrapa Milho e Sorgo, MG 424 Km 45, Sete Lagoas-MG; batista.raqueloliveira@gmail.com; ⁽²⁾ Dr. Pesquisador; Embrapa Milho e Sorgo; ⁽³⁾ Dr. Professor, Universidade Federal de São João Del Rei - UFSJ/Sete Lagoas; ⁽⁴⁾ Eng. Agrônomo, Bolsista BAT-2/FAPEMIG, Embrapa Milho e Sorgo; ⁽⁵⁾ MSc. Bolsista DTI-2/CNPq, Embrapa Milho e Sorgo; ⁽⁶⁾ Graduando em Agronomia da UFSJ, bolsista PIBIT-CNPq/Embrapa Milho e Sorgo.

Resumo – O uso de rochas na agricultura tem-se tornado uma alternativa em complementação aos fertilizantes convencionais, podendo ser promissor, visto que há fornecimento de macro e micronutrientes para as plantas. Neste trabalho, buscou-se uma avaliação preliminar de um processo de compostagem visando aumentar o potencial de uso de rochas portadoras de fósforo e potássio como fertilizantes. Uma vez obtidos os produtos de processos de compostagem a base de misturas de esterco bovino, bagaço de cana e as rochas Verdete e Itafós, respectivamente, como fontes de potássio e fósforo, foi instalado um experimento utilizando o milho como planta teste em casa de vegetação. O experimento foi composto por 19 tratamentos dispostos em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. A composição dos tratamentos foi feita com o intuito de inferir sobre a disponibilização e o aproveitamento de nutrientes pelas plantas, mediante a utilização das rochas compostadas. Foram realizados dois cultivos para avaliar o potencial agrônomo dos compostos organominerais e o seu efeito residual. Avaliou-se a produção de massa seca da parte aérea na fase de pré-florescimento. Os resultados preliminares indicam que os compostos contendo as rochas promovem bom desenvolvimento das plantas, mas, nos primeiros cultivos, o efeito fertilizante das rochas é sobrepujado pela presença da fração orgânica.

Palavras-Chave: Agrominerais; fertilizantes; rochagem.

INTRODUÇÃO

A busca por fontes alternativas aos fertilizantes convencionais, nos últimos anos, tornou-se uma necessidade, face à elevação dos custos desses insumos e ao maior consumo de alimentos para suprir as necessidades sociais em âmbito mundial. Com isto, haverá uma tendência de aumento da produtividade e, consequentemente, na demanda por fertilizantes.

Os fertilizantes para a agricultura brasileira são supridos, em sua maior parte, pelas importações, especialmente de potássio. Há previsões de que o Brasil apresentará um cenário futuro de importações de

86 % do total de nutrientes em 2025 (Lopes e Daher, 2008).

A utilização de rochas como fontes de nutrientes em cultivos agrícolas é uma técnica que objetiva favorecer a fertilidade do solo de forma sustentável. O gargalo para o uso dessa tecnologia está na busca de alternativas que favoreçam a solubilização das rochas de modo a proporcionar nutrientes em quantidade e tempo favoráveis para o aproveitamento das plantas. O emprego do processo de compostagem, bem como de biossolubilizadores microbianos específicos pode favorecer o ambiente para garantir uma disponibilidade de nutrientes satisfatória.

A aplicação de rochas moídas no processo de compostagem é uma alternativa para favorecer a sua solubilização, visto que haverá contato direto com um ambiente de intensa atividade microbiana, além dos produtos e subprodutos da compostagem que podem atuar como agentes solubilizadores do componente mineral. Entretanto, pesquisas visando indicar manejo adequado desta prática ainda são incipientes.

Nesse contexto, no presente estudo buscou-se avaliar um processo de compostagem visando aumentar o potencial de uso de rochas portadoras de potássio (K) e fósforo (P) como fertilizantes.

MATERIAL E MÉTODOS

A produção dos compostos organominerais foi realizada em pilhas de compostagem num galpão coberto da Embrapa Milho e Sorgo. As matérias-primas utilizadas foram esterco bovino, bagaço de cana-de-açúcar, vinhaça e enxofre elementar, combinados com as rochas Verdete e/ou Itafós nas proporções aproximadas de 50 e 100 kg m⁻³. O Verdete é uma rocha originária da região de Cedro do Abaeté (MG) e possui 9,78 % de K₂O total. A rocha Itafós provém da região de Campos Belos (GO) e apresenta 20% de P₂O₅ total. Algumas das combinações de materiais usadas no processo de compostagem incluíram, também, a inoculação com microrganismos com potencial solubilizador de fósforo e potássio presentes nas rochas, pertencentes à coleção de microrganismos multifuncionais da Embrapa Milho e Sorgo (CNPMS).

Após 40 dias de compostagem, foram coletadas amostras dos produtos compostados para avaliar o seu efeito fertilizante num experimento em casa de vegetação, usando o milho (*Pennisetum americanum*) como planta

teste, em dois cultivos sequenciais. O segundo cultivo teve o propósito de permitir inferências sobre o efeito residual dos tratamentos.

O experimento foi realizado em vasos contendo 3,5 Kg de um Latossolo Vermelho argiloso peneirado, provindo de uma área de Cerrado da Embrapa Milho e Sorgo, cuja coleta foi realizada após a retirada da camada de 0-10 cm de profundidade, de modo a se evitar eventual interferência da presença de material orgânico e de resíduos de cinza na superfície do solo. O resultado da análise química do solo em sua condição inicial encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química inicial do solo utilizado para o experimento em vaso.

Mat. Orgânica	pH _{H2O}	P _{Mehlich-1}	K	SB	V
dag kg ⁻¹	-mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³	%
2,50	4,4	1,8	19,5	0,29	3

*Metodologias descritas em Embrapa (1999).

De acordo com a composição de cada tratamento (Tabela 2), foi realizada a calagem no solo dos vasos com o objetivo de atingir uma saturação por bases (V) correspondente a 80 % utilizando-se uma mistura de carbonato de cálcio (CaCO₃) com óxido de magnésio (MgO) na proporção Ca:Mg de 3:1. A adubação básica foi preparada com reagentes p.a., utilizando fontes solúveis de N, P, K, S e micronutrientes. O calcário e as soluções para adubação básica foram misturados manualmente ao solo de cada vaso. As quantidades aplicadas dos compostos organominerais foram equivalentes a 50 t ha⁻¹ (10 t/ha x 5, fator para experimentos em vasos), correspondendo à aplicação de 87,5 g vaso⁻¹ de cada composto organomineral. Nos tratamentos 11 a 13, as quantidades adicionadas das rochas, corresponderam a 4,9 t ha⁻¹ de Verdete e 5,8 t ha⁻¹ de Itafós, baseando-se nos teores totais de K e P nas rochas para o fornecimento de 200 e 250 mg kg⁻¹ desses nutrientes, respectivamente. O experimento totalizou 19 tratamentos (Tabela 2), dispostos em delineamento inteiramente casualizados, com quatro repetições.

O primeiro cultivo de milho teve início após 25 dias de incubação do solo nos vasos. Aos oito dias após a semeadura (DAS) efetuou-se o desbaste das plântulas excedentes, deixando-se 15 plantas por vaso no primeiro cultivo e 11 plantas no segundo cultivo. Nos dois cultivos foram realizadas duas adubações de cobertura com nitrato de amônio (100 mg/kg de N de cada vez). O controle de umidade do solo, desde a sua incubação, foi realizado com o uso de água destilada, mantendo-se 80 % da capacidade de campo do solo. Para o segundo cultivo, o tratamento 12 (uso de Verdete puro) recebeu uma complementação de adubação com P na forma solúvel, visto que a resposta a esse tratamento no primeiro cultivo havia sido prejudicada pela deficiência de fósforo.

Aos 49 DAS de cada cultivo, na fase de pré-florescimento, cortou-se a parte aérea do milho. A massa seca da parte aérea (MSPA) foi obtida após a

secagem em estufa com circulação forçada de ar, sob temperatura de 65° C até atingir massa constante.

Os dados da variável MSPA foram submetidos à análise de variância, e as médias foram comparadas utilizando-se o teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, por meio do programa SISVAR (Ferreira, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verifica-se que, no primeiro cultivo, os tratamentos T2, T3, T4 e T15 apresentaram maior produção de MSPA (Tabela 3), significativamente superior ao tratamento T14 (tratamento referência, com adubação completa usando fontes solúveis). Constata-se que, uma vez suplantada a deficiência de P pelo uso de P solúvel na adubação básica, uma maior produção de MSPA foi condicionada essencialmente à presença da fração orgânica dos compostos testados nesses tratamentos. Depreende-se, ainda, que o K não é o nutriente responsável pela limitação primária de fertilidade no solo em estudo, fato reforçado ao se comparar as respostas aos tratamentos 16 (sem P) e 17 (sem K). Portanto, os compostos organominerais com a rocha Itafós (tratamentos 5, 6 e 7) não permitiram melhores produções de matéria seca, provavelmente porque a liberação do fósforo presente nessa rocha não se deu de forma a igualar o suprimento obtido com a fonte solúvel (tratamento 14).

O fósforo como nutriente mais limitante ao crescimento/desenvolvimento das plantas de milho, pôde ser evidenciado no resultado do tratamento 16 (adubação completa, exceto P), em que a produção da MSPA foi muito afetada, não apresentando diferença estatística com a obtida na testemunha absoluta (tratamento 19, solo virgem de Cerrado). A limitação ao crescimento das plantas foi bem menos severa com a ausência de potássio na adubação (tratamento 17), a qual só teve reflexo no aspecto visual do milho em fases mais avançadas do cultivo, demonstrando que mesmo os solos de Cerrado possuem alguma reserva do nutriente que permite o desenvolvimento inicial das culturas.

Em geral, a simples presença da matriz orgânica utilizada nos processos de compostagem imprimiu marcante efeito no suprimento de nutrientes ao milho, conforme expresso no tratamento 1 (composto orgânico sem rochas). Esse resultado indica que serão necessários estudos adicionais para ajustes nas proporções de rochas/matriz orgânica nos processos de compostagem, bem como, para determinação de doses ótimas de compostos organominerais a serem aplicadas em condições de campo. Também deverá ser feito o monitoramento dos efeitos residuais em mais longo prazo, quando a parte orgânica for “exaurida” e se tornar mais nítida a influência da presença das rochas nos organominerais.

Com base nos dados de matéria seca do segundo cultivo, observa-se que os tratamentos 1 a 10, com compostos organominerais, apresentaram efeito residual igual ou maior que o proporcionado pela adubação convencional com fontes solúveis (tratamento 14). Destaca-se ainda o melhor desempenho dos tratamentos 5 a 7, denotando que o organomineral elaborado com a rocha Itafós teve sua eficiência aumentada com o tempo. Essa melhoria de eficiência era esperada, uma vez que esse é um

padrão de resposta típico dos fosfatos naturais, especialmente os reativos (Sousa e Lobato, 2004).

Uma constatação importante é que a aplicação das rochas puras (tratamento 13) foi pouco efetiva no suprimento de P ou K, resultando em crescimento superior ao obtido na ausência dos dois nutrientes (tratamento 18), mas muito abaixo da resposta à adubação convencional (tratamento 14).

Analisando ainda os dados de efeito residual no segundo cultivo, verifica-se que alguns dos tratamentos com compostos organominerais superaram estatisticamente a produção de MSPA obtida com a aplicação do composto orgânico simples (tratamento 1), o que sugere que a presença das rochas confere benefícios que poderão ser expressos de forma mais efetiva com o passar do tempo de aplicação do organomineral.

A dissolução das rochas pode ser favorecida pela presença de ácidos orgânicos e inorgânicos gerados por plantas (Jones, 1998), pelo próprio solo, e principalmente pelos microrganismos (Fontaniva et al., 2008, Stamford et al., 2005). Assim, ao propiciar um meio mais favorável à atividade microbiana, a presença de uma matriz orgânica nos compostos organominerais produzidos para o presente estudo parece ter um papel preponderante na eficiência das rochas como fontes de nutrientes. O contato da rocha com microrganismos e subprodutos derivados do metabolismo microbiano, pode resultar na biossolubilização dos minerais, e na conseqüente liberação de nutrientes no solo. No entanto, os mecanismos envolvidos neste processo ainda não são suficientemente claros para uma aplicação em maior escala (Stamford et al., 2004; Lapido-Loureiro et al., 2010).

No somatório dos dois cultivos, os tratamentos 3 e 4, contendo Verdete e microrganismos solubilizadores, destacaram-se dos demais compostos organominerais, superando a produção de matéria seca dos tratamentos com adubação convencional (T14) e com composto orgânico puro (T1). Contudo, não ficou clara a razão dessa vantagem, sugerindo que as relações de causa e efeito foram complexas. Uma outra situação ainda obscura deriva da menor resposta do milho aos compostos organominerais que tiveram mistura das duas rochas (tratamentos 8, 9 e 10), sugerindo o desencadeamento de algum antagonismo.

Até o momento, foram obtidos indicativos de que as rochas Verdete e Itafós poderão ter sua eficiência fertilizante aumentada por processos de compostagem, associando a inoculação com microrganismos solubilizadores. No entanto, a intensidade dessa biossolubilização não pôde ser devidamente quantificada. Novos experimentos buscando desde a otimização do processo de compostagem até avaliações a campo considerando um período de tempo maior para expressão consistente dos efeitos agrônômicos dos

tratamentos serão necessários, a fim de permitir análises técnicas e econômicas mais conclusivas.

CONCLUSÕES

1. A associação de uma matriz orgânica às rochas, pelo processo de compostagem, proporciona maior produção de MSPA pelo milho.

2. O efeito fertilizante das rochas Verdete e Itafós é sobrepujado pela presença da fração orgânica, mas melhora com o tempo, expressando efeito residual em cultivos sucessivos.

AGRADECIMENTOS

À Finep, pelo apoio financeiro, à Fapemig, pelo apoio financeiro e bolsa BAT-2, e ao CNPq, pela concessão de bolsas DTI-2 e PIBIT.

REFERÊNCIAS

- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Manual de análises químicas de solo, plantas e fertilizantes. Embrapa Solos e Embrapa Informática Agropecuária, Brasília, 1999, 370 p.
- FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do Sisvar para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45, 2000. Programa e resumos. São Carlos, UFScar, 2000, p. 255-258.
- FONTANIVA, S.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.F.; CZYCZA, R.V. Eficiência agrônômica relativa do fosfato natural reativo de gafsa associado a enxofre elementar com *Acidithiobacillus*. In: FERTIBIO, 2008. Anais. Londrina-PR, 2008. CD-ROM
- JONES, D. L. Organic acids in the rhizosphere – a critical review. *Plant Soil*, 205:25-44, 1998.
- LAPIDO-LOUREIRO, F.E.; NASCIMENTO, M.; NEUMANN, R.; RIZZO, A.C. Tecnologias de aplicação de glaucomita como fonte de potássio na agricultura: o caso brasileiro e a experiência indiana. In: I CONGRESSO BRASILEIRO DE ROCHAGEM, 2010. Anais. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2010. CD-ROM
- LOPES, A.S.; DAHER, E. Agronegócio e Recursos Naturais no Cerrado: desafios para uma coexistência harmônica. In: FALEIRO, F.G.; FARIAS NETO, A.L. de. Savanas: desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócio e recursos naturais. Brasília: Embrapa Cerrados, 2008. Cap. 5, p. 173-209.
- SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação Fosfatada em Solos da Região dos Cerrados. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S.R.S. Fósforo na Agricultura Brasileira. Piracicaba: Potafos, 2004. p. 157-200.
- STAMFORD, N.P.; SANTOS, C.E.R.S.; SANTOS, P.R.; SANTOS, K.S.R.; MONTENEGRO, A.A.A. Effects of rock phosphate, sulphur with and without *Acidithiobacillus* and organic by-products on mimosa (*Mimosa caesalpinifolia*) grown in a Brazilian tableland soil. *Tropical Grasslands*, 4: 54-61, 2005.
- STAMFORD, N. P.; SANTOS, C. E. R. S.; STAMFORD JÚNIOR, W. P.; DIAS, S. L. Biofertilizantes de rocha fosfatada com *Acidithiobacillus* como adubação Alternativa de caupi em solo com baixo P disponível. *Revista Analytica*, 9: 48-53, 2004.

Tabela 2. Composição dos tratamentos testados no experimento em vasos.

Descrição principal dos tratamentos	Outras adições				
	Corretivo de acidez ⁽¹⁾	Fonte solúvel de N ⁽²⁾	Fonte solúvel de P ⁽³⁾	Fonte solúvel de K ⁽⁴⁾	Micro + S ⁽⁵⁾
T1. Composto sem uso de rochas	+	+	-	-	+
T2. Composto com Verdete (50 kg m ⁻³)	+	-	+	-	+
T3. Composto com Verdete (50 kg m ⁻³) + inoculante do CNPMS	+	-	+	-	+
T4. Composto com Verdete (100 kg m ⁻³) + inoculante do CNPMS	+	-	+	-	+
T5. Composto com Itafós (50 kg m ⁻³)	+	+	-	+	+
T6. Composto com Itafós (50 kg m ⁻³) + inoculante do CNPMS	+	+	-	+	+
T7. Composto com Itafós (100 kg m ⁻³) + inoculante do CNPMS	+	+	-	+	+
T8. Composto com Verdete (50 kg m ⁻³) e Itafós (50 kg m ⁻³)	+	+	-	-	+
T9. Composto com Verdete (50 kg m ⁻³) e Itafós (50 kg m ⁻³) + inoculante do CNPMS	+	+	-	-	+
T10. Composto com Verdete (100 kg m ⁻³) e Itafós (100 kg m ⁻³) + inoculante do CNPMS	+	+	-	-	+
T11. Fornecimento de P como rocha Itafós pura (250 mg kg ⁻¹ de P)	+	+	-	-	+
T12. K como rocha Verdete pura (200 mg Kg ⁻¹ de K)	+	+	-	-	+
T13. P como Itafós puro (250 mg kg ⁻¹ de P) + K como Verdete puro (200 mg Kg ⁻¹ de K)	+	+	-	-	+
T14. Completo (adubação de referência com fontes solúveis)	+	-	+	+	+
T15. Completo + Composto sem uso de rochas (T1)	+	-	+	+	+
T16. Completo, exceto P	+	+	-	+	+
T17. Completo, exceto K	+	-	+	-	+
T18. Completo, exceto P e K	+	+	-	-	+
T19. Testemunha absoluta (solo virgem de Cerrado)	-	-	-	-	-

⁽¹⁾CaCO₃+ MgO. ⁽²⁾NH₄NO₃: O nitrogênio (N) foi fornecido na forma de reagente p.a., em doses equivalentes a 113 mg kg⁻¹ junto com aplicação dos tratamentos, mais 200 mg kg⁻¹ em duas adubações de cobertura, aos 10 e 28 DAS no primeiro cultivo e aos 19 e 34 DAS no segundo cultivo. ⁽³⁾NH₄H₂PO₄: reagente p.a. para fornecer 250 mg kg⁻¹ de P. ⁽⁴⁾KCl: reagente p.a. para fornecer 200 mg kg⁻¹ de K. ⁽⁵⁾Combinações de reagentes p.a. para fornecer S, B, Cu, Mn, Zn e Mo, nas quantidades de 30; 0,5; 2; 3; 4 e 0,25 mg kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 3. Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA) pelo milheto em resposta aos tratamentos.

Descrição principal dos tratamentos	MSPA 1 ^o Cultivo ⁽¹⁾	MSPA 2 ^o Cultivo ⁽²⁾	SMSPA ⁽³⁾
T1. Composto sem uso de rochas	51,6 b	14,7 c	66,3 c
T2. Composto com Verdete (50 kg m ⁻³)	55,3 a	15,8 c	71,1 c
T3. Composto com Verdete (50 kg m ⁻³) + inoculante do CNPMS	55,9 a	17,9 b	73,8 b
T4. Composto com Verdete (100 kg m ⁻³) + inoculante do CNPMS	56,5 a	16,6 b	73,1 b
T5. Composto com Itafós (50 kg m ⁻³)	52,4 b	18,1 b	70,5 c
T6. Composto com Itafós (50 kg m ⁻³) + inoculante do CNPMS	49,1 b	18,4 b	67,4 c
T7. Composto com Itafós (100 kg m ⁻³) + inoculante do CNPMS	47,7 b	18,9 b	66,7 c
T8. Composto com Verdete (50 kg m ⁻³) e Itafós (50 kg m ⁻³)	40,2 d	14,0 c	54,3 e
T9. Composto com Verdete (50 kg m ⁻³) e Itafós (50 kg m ⁻³) + inoculante do CNPMS	44,3 c	15,3 c	59,7 d
T10. Composto com Verdete (100 kg m ⁻³) e Itafós (100 kg m ⁻³) + inoculante do CNPMS	37,1 d	13,5 c	50,6 e
T11. Fornecimento de P como rocha Itafós pura (250 mg kg ⁻¹ de P)	7,6 f	4,4 e	12,0 g
T12. K como rocha Verdete pura (200 mg Kg ⁻¹ de K)	1,4 g	10,0 d	11,4 g
T13. P como Itafós puro (250 mg kg ⁻¹ de P) + K como Verdete puro (200 mg Kg ⁻¹ de K)	9,7 f	5,8 e	15,5 g
T14. Completo (adubação de referência com fontes solúveis)	48,4 b	13,7 c	62,1 d
T15. Completo + Composto sem uso de rochas (T1)	57,7 a	23,0 a	80,7 a
T16. Completo, exceto P	2,1 g	0,6 f	2,7 h
T17. Completo, exceto K	24,6 e	6,6 e	31,2 f
T18. Completo, exceto P e K	1,8 g	0,4 f	2,2 h
T19. Testemunha absoluta (solo virgem de Cerrado)	1,3 g	0,2 f	1,4 h
CV (%)	11,2	13,1	8,8

⁽¹⁾Matéria seca da parte aérea correspondente ao primeiro cultivo. ⁽²⁾Matéria seca da parte aérea correspondente ao segundo cultivo. ⁽³⁾Matéria seca da parte aérea correspondente ao somatório dos dois cultivos. Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra, na coluna, não diferem entre si, a 5% de probabilidade, pelo teste "Scott-Knott".